



PIC系列单片机 原理和程序设计

窦振中 编著



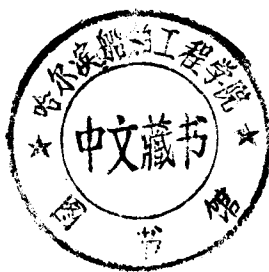
北京航空航天大学出版社

TP368.1
D78

415864

PIC 系列单片机原理和程序设计

宋振中 编著



00415864

北京航空航天大学出版社

JS143 127

内 容 简 介

本书介绍当前在十分繁荣的单片机世界中异军突起的一种单片机——Microchip 公司的 PIC 系列单片机。这个系列单片机具有以下体现微控制器工业发展新趋势的特点：高速度、低工作电压、低功耗、I/O 口直接驱动 LED 能力、低价位、小体积、指令简单易学易用等。内容包括：该系列主要芯片的系统结构和工作原理；片内各种丰富的部件和资源的使用方法；全系列芯片的指令系统和汇编语言程序设计技术及实例；提供了常用的运算子程序。

本书内容全面而实用，语言逻辑性强，通俗流畅，易学易懂，适于作广大从事单片机开发与应用的工程技术人员的自学用书和大学相关专业研究生、本科、专科、中专各种单片机应用毕业设计的参考用书以及培训班的教材。

图书在版编目(CIP)数据

PIC 系列单片机原理和程序设计/窦振中编著. —北京：
北京航空航天大学出版社，1998. 9

ISBN 7-81012-797-7

I. P… II. 窦 III. ①单片机计算机-理论②单片机计
算机-程序设计 IV. TP368. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 17743 号

PIC 系列单片机原理和程序设计

窦振中 编著

责任编辑 王小青

责任校对 张韵秋

北京航空航天大学出版社出版发行

(北京市学院路 37 号(100083), 发行部电话 82317023)

北京市宏文印刷厂印装 各地书店经销

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 21.25 字数: 541 千字

1998 年 10 月第 1 版 1998 年 10 月第 1 次印刷 印数: 5 000 册

ISBN 7-81012-797-7/TP·291

定价: 29.00 元

前 言

在微控制器(Microcontroller)应用领域日益广泛的今天,各个领域的应用也向微控制器厂商提出了更高要求,希望速度更快、功耗更低、体积更小、价格更廉以及组成系统所需要的外围器件更少;随着越来越多的各种非电子工程技术人员的应用需求,他们想把微控制器作为嵌入式部件应用到自己熟悉的领域中,还提出简单易学易用的要求。用户的需求就是厂商的市场和动力,老的半导体厂商顺应潮流不断推出新品种,新的半导体厂商则后来居上,把越来越多的外围接口器件集成到片内,功能越来越强、性能越来越高。迄今,至少已有 35 家半导体厂商的微控制器进入中国市场。应该说,每一个厂商的微控制器能在市场上占有一定份额,肯定有它存在的道理,即各个不同公司的芯片有它自己的特点才能吸引住有特定要求的部分用户。

在这众多的五彩缤纷的微控制器中,美国 Microchip 技术公司的 PIC 系列微控制器则异军突起,独树一帜。它率先推出采用精简指令集计算机 RISC(Reduced Instruction Set Computer)、哈佛(Harvard)双总线和两级指令流水线结构的高性能价格比的 8 位嵌入式控制器(Embedded Controller)。其高速度(每条指令最快可达 160 ns)、低工作电压(最低工作电压可为 3 V)、低功耗(3 V, 32 kHz 时 15 μ s)、较大的输入输出直接驱动 LED 能力(灌电流可达 25 mA)、一次性编程 OTP(One Time Programmable)芯片的低价位(最低的不到 8 元人民币)、小体积(8 引脚)、指令简单易学易用等,都体现了微控制器工业发展的新趋势。该公司推出了三个不同层次系列、几十种型号的产品来满足不同的产品设计需求,这三个系列微控制器的每一种型号的芯片都含有片内程序存储器,而且它们的指令系统向上兼容,用户可以根据需要选择具有各种不同外围接口功能、不同封装形式和不同电压范围的芯片;该公司还可以提供完整的可兼容的开发工具套件和世界范围的现场应用支持。所以这个系列的微控制器在市场上极具强劲的竞争力,在全球都可以看到 PIC 微控制器从办公自动化设备、消费电子产品、电讯通信、智能仪器仪表到汽车电子、金融电子、工业控制等不同领域的广泛应用。PIC 系列微控制器在世界微控制器市场份额排名中逐年升位,在 8 位微控制器市场,已从 1990 年的第 20 位提高到 1996 年的第 5 位,以至已成为一种新的 8 位微控制器的世界标准和最有影响力的主流嵌入式控制器。由于工作需要我们在教学和科研中用过不少不同公司的微控制器芯片,在采用了 Microchip 公司的 PIC 系列微控制器的几种不同型号芯片后,对其高性能价格比的特点有很深的印象,过去由于性能与成本矛盾障碍不能得以批量生产推向市场的检测和控制产品,采用了这个系列的芯片后

得到了比较满意的解决方案。所以,我们作为先走一步的用户,希望能通过本书把这个系列的微控制器推荐给国内广大从事单片机开发和应用的工程技术人员。

在美国通常把这种能独立运行、具有完整计算机功能面向控制的芯片称作微控制器,Intel 公司在其手册中则称作嵌入式控制器,而在国内习惯上称为单片机。所以为了适应习惯称谓,书名仍冠以《PIC 系列单片机原理和程序设计》和《PIC 系列单片机应用设计与实例》。但在文中一般都用其学名微控制器,以与国际习惯称谓接轨。

这本书是其姊妹篇《PIC 系列单片机应用设计与实例》(北航版)的基础部分。该书分四章,第一章介绍 PIC 系列微控制器系统结构和工作原理,第二章介绍 PIC 系列三个层次微控制器的指令系统,第三章介绍汇编语言程序设计技术和常用程序的举例,第四章是常用运算符程序。

在这里首先要感谢 Microchip 公司和香港世健系统有限公司上海办事处提供的原版英文资料。在整个成书过程中何立民教授一直给予关心和帮助,北京航空航天大学出版社的副总编王小青副编审为本书编辑付出辛勤劳动。书中的图例大部分是窦进用计算机绘制。在此谨致诚挚的谢意。

限于作者的水平,书中错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

作 者

1997 年 10 月

目 录

第一章 PIC 系列微控制器系统结构和工作原理

1.1 概 述	1
1.1.1 PIC 系列微控制器硬件结构特点	1
1.1.2 PIC 系列微控制器技术性能特点	8
1.1.3 PIC 系列微控制器系统结构	9
1.1.3.1 算术逻辑单元 ALU 和工作寄存器 W	9
1.1.3.2 程序存储器	9
1.1.3.3 数据寄存器组	9
1.1.3.4 并行 I/O 口	10
1.1.3.5 特殊功能部件	10
1.1.4 PIC 系列微控制器型号选择指南	12
1.1.4.1 PIC16C5X 基础级 8 位微控制器	13
1.1.4.2 PIC16CXX 中档 8 位微控制器	15
1.1.4.3 PIC17CXX 高档 8 位微控制器	22
1.2 PIC16C5X 系列微控制器	25
1.2.1 PIC16C5X 微控制器概述	25
1.2.1.1 PIC16C5X 微控制器的种类	25
1.2.1.2 PIC16C5X 微控制器性能特点简介	26
1.2.2 PIC16C5X 系列微控制器引脚说明	27
1.2.3 PIC16C5X 系列微控制器内部结构	29
1.2.4 存储器组织结构	31
1.2.4.1 程序存储器的组织结构	31
1.2.4.2 数据存储器的组织结构	32
1.2.4.3 状态寄存器 STATUS(F3)	33
1.2.4.4 选择寄存器 OPTION	35
1.2.4.5 间接寻址 INDF 和 FSR 寄存器	36
1.2.4.6 程序计数器 PC	37
1.2.4.7 工作寄存器 W	38
1.2.5 I/O 端口	38
1.2.6 其他功能部件	41
1.2.6.1 配置寄存器 CONFIG	41
1.2.6.2 振荡器配置	42
1.2.6.3 复位电路	44

1.2.6.4	监视定时器 WDT	48
1.2.6.5	休眠(SLEEP)省电方式	49
1.2.6.6	程序代码加密保护	49
1.2.6.7	标识(ID)码存储单元	49
1.2.7	定时器/计数器 TMR0	49
1.2.8	电气极限特性	52
1.3	PIC16C6X 系列微控制器	54
1.3.1	PIC16C6X 系列微控制器概述	54
1.3.1.1	PIC16C6X 微控制器的种类	55
1.3.1.2	PIC16C6X 微控制器性能特点简介	55
1.3.2	PIC16C6X 系列微控制器引脚说明	57
1.3.3	PIC16C6X 系列微控制器内部结构	64
1.3.4	存储器组织结构	67
1.3.4.1	程序存储器的组织结构	67
1.3.4.2	数据存储器的组织结构	68
1.3.4.3	状态寄存器 STATUS	80
1.3.4.4	选择寄存器 OPTION	81
1.3.4.5	中断控制寄存器 INTCON	82
1.3.4.6	外围接口中断允许寄存器 PIE1	82
1.3.4.7	外围接口中断标志寄存器 PIR1	83
1.3.4.8	外围接口中断允许寄存器 PIE2	83
1.3.4.9	外围接口中断标志寄存器 PIR2	83
1.3.4.10	电源控制寄存器 PCON	83
1.3.4.11	程序计数器 PC 和 PCLATH	85
1.3.4.12	间接寻址 INDF 和 FSR 寄存器	88
1.3.5	I/O 端口	89
1.3.5.1	PORTA 和 TRISA 寄存器	89
1.3.5.2	PORTB 和 TRISB 寄存器	91
1.3.5.3	PORTC 和 TRISC 寄存器	93
1.3.5.4	PORTD 和 TRISD 寄存器	94
1.3.5.5	PORTE 和 TRISE 寄存器	95
1.3.5.6	I/O 编程注意事项	97
1.3.5.7	从动并行端口	98
1.3.6	定时器/计数器	99
1.3.6.1	定时器/计数器 TMR0	100
1.3.6.2	定时器/计数器 TMR1	102
1.3.6.3	定时器/计数器 TMR2	106
1.3.7	捕捉/比较/脉宽调制(CCP)部件	108
1.3.7.1	捕捉(Capture)工作方式	108

1.3.7.2	比较(Compare)工作方式	110
1.3.7.3	脉宽调制 PWM 工作方式	110
1.3.8	同步串行口 SSP 部件	114
1.3.8.1	串行外围接口(SPI)方式	114
1.3.8.2	芯片间总线(I ² C)方式	119
1.3.8.3	同步串行口(SSP)的 I ² C 操作	124
1.3.9	串行通信接口(SCI)部件	131
1.3.9.1	串行通信接口波特率发生器(BRG)	131
1.3.9.2	串行通信接口(SCI)的异步工作方式	139
1.3.9.3	串行通信接口(SCI)的同步主控方式	144
1.3.9.4	串行通信接口(SCI)的从动方式	147
1.3.10	CPU 的特殊外围功能	149
1.3.10.1	系统配置寄存器 CONFIG	150
1.3.10.2	振荡器配置选择	151
1.3.10.3	复位	153
1.3.11	中断	159
1.3.12	监视定时器 WDT	163
1.3.13	休眠(SLEEP)省电方式	163
1.3.14	程序代码加密保护	164
1.3.15	标识(ID)码存储单元	165
1.3.16	在线串行编程	165
1.4	带有 A/D 转换器的 8 位 PIC16C7X 系列微控制器	166
1.4.1	PIC16C7X 系列微控制器概述	166
1.4.2	PIC16C7X 系列微控制器外部引脚及其说明	167
1.4.3	PIC16C7X 系列微控制器内部结构	172
1.4.4	时钟和指令周期	175
1.4.5	存储器组织结构	175
1.4.5.1	程序存储器的组织结构	175
1.4.5.2	数据存储器的组织结构	176
1.4.6	I/O 端口	186
1.4.7	定时器/计数器	190
1.4.8	监视定时器 WDT	190
1.4.9	CCP 模块	190
1.4.10	同步串行口模块 SSP	191
1.4.11	串行通信接口(SCI)	191
1.4.12	A/D 转换部件	191
1.4.12.1	A/D 采样要求	195
1.4.12.2	A/D 转换时钟的选择	196
1.4.12.3	模拟通道输入引脚的设置	197

1.4.12.4	A/D 转换的编程举例	197
1.4.12.5	休眠状态中的 A/D 转换	199
1.4.12.6	A/D 精度和误差	199
1.4.12.7	复位对 A/D 转换的影响	199
1.4.12.8	用 PIC16C73/74 芯片中 CCP 部件触发 A/D 转换的方法	199
1.4.12.9	对加在模拟通道输入引脚上信号的要求	200
1.4.12.10	A/D 转换器传递函数	200
1.4.12.11	A/D 转换操作流程	200
1.4.13	CPU 的特殊性能	200
1.4.14	中 断	201
1.4.14.1	PIC16C7X 系列芯片的中断逻辑	201
1.4.14.2	PIC16C7X 系列芯片的中断源	203
1.4.14.3	中断现场的保护	203
1.5	带有 EEPROM 的 8 位 PIC16C8X 微控制器	204
1.5.1	主要功能特点	205
1.5.2	PIC16C8X 系列微控制器概述	206
1.5.2.1	向上兼容性	206
1.5.2.2	芯片类型	207
1.5.3	PIC16C8X 系列芯片的引脚和内部结构	207
1.5.3.1	PIC16C8X 系列芯片的引脚	207
1.5.3.2	内部结构	207
1.5.4	指令周期	208
1.5.5	存储器结组织构	208
1.5.5.1	程序存储器和堆栈	208
1.5.5.2	数据存储器和	209
1.5.6	E ² PROM 数据存储器	211
1.5.7	E ² PROM 操作的功耗	214

第二章 PIC 系列微控制器指令系统

2.1	概 述	216
2.1.1	寻址方式	216
2.1.2	指令格式	217
2.2	PIC 系列微控制器的指令系统	218
2.2.1	指令操作码符号说明	218
2.2.2	指令系统的简要说明	219
2.2.3	指令说明	219
2.2.4	直观助记符	253

第三章 PIC 系列微控制器汇编语言程序设计

3.1 汇编语言程序的基本格式	255
3.2 伪指令	257
3.2.1 伪指令说明	257
3.2.2 宏指令与条件汇编	266
3.2.2.1 宏指令和宏调用	266
3.2.2.2 条件汇编	268
3.3 汇编语言程序设计举例	268
3.3.1 PIC 系列芯片的指令特点	268
3.3.2 程序结构框架和定义文件	269
3.3.3 常用直线程序设计	274
3.3.4 分支程序设计	281
3.3.5 循环程序设计	282
3.3.6 子程序的长调用	284
3.4 汇编程序 MPASM 出错和警告以及其他信息	286
3.4.1 出错信息	286
3.4.2 警告信息	289
3.4.3 其他信息	291

第四章 常用运算子程序

4.1 定点算术运算程序	293
4.1.1 8×8 位无符号数乘法	293
4.1.2 16×16 位数加法和减法	296
4.1.3 16×16 位数乘法	297
4.1.4 16×16 位数除法	304
4.2 浮点算术运算程序	310
4.2.1 浮点数表示方法	310
4.2.2 浮点数运算程序	311
4.3 BCD 码转换和运算程序	317
4.3.1 BCD 码到二进制数转换	317
4.3.2 二进制数到 BCD 码转换	319
4.3.3 BCD 码加法和减法程序	322
4.4 开平方根程序	325
参考文献	328

第一章 PIC 系列微控制器系统结构和工作原理

1.1 概 述

美国 Microchip 技术公司经过十多年的努力在嵌入式控制技术领域已经成为先进技术的先锋,推出的 PIC 8 位微控制器系列是业内率先采用精简指令集计算机 (RISC——Reduced Instruction Set Computer) 结构的高性能价格比的嵌入式控制器 (Embedded Controller)。其高速度、低工作电压、低功耗、较大的输入输出直接驱动能力、一次性编程 (OTP——One Time Programmable) 芯片的低价位、小体积等,都体现了微控制器工业发展的新趋势。Microchip 公司开发了三个不同层次系列多种型号的产品来满足不同的产品设计需求,这三个系列微控制器的指令系统向上兼容,用户可以根据需要选择具有各种不同外围接口功能、不同封装形式和不同电压范围的芯片;该公司还可以提供完整的可兼容的开发工具套件和世界范围的现场应用支持。所以这个系列的微控制器在市场上极具强劲的竞争力,在全球都可以看到 PIC 微控制器在从办公自动化设备、消费电子产品、电讯通信、智能仪器仪表到汽车电子、金融电子、工业控制等不同领域的广泛应用。PIC 系列微控制器在世界微控制器市场份额排名中逐年提前,在 8 位微控制器市场,已从 1990 年的第 20 位提高到 1996 年的前 5 位,目前已成为一种新的 8 位微控制器的世界标准和最有影响力的主流嵌入式控制器。

1.1.1 PIC 系列微控制器硬件结构特点

1. 类-精简指令集计算机(RISC-like——Reduced Instruction Set Computer-like)结构

Microchip 技术公司具有先进的类-RISC 结构的 PIC 系列微控制器的简洁性,为 8 位微计算机市场设立了一种事实上的新的性能标准。为了达到独一无二的高速性能,PIC 微控制器采用了小型机设计结构。先进的类-RISC 结构体现在每一条高效率和功能强大的指令上。三个系列微控制器的指令都是单字的宽字位指令:低档、中档和高档系列的指令位数分别为 12、14 和 16 位,且分别只有 33、35 和 58 条指令,它们向上兼容。其指令系统除了程序分支指令是单字双周期指令外,其他指令都是单周期、单字指令,在这些指令中,没有功能相交叉的指令,使所有的指令具有简洁性;而一般 CISC (Complex Instruction Set Computer) 结构的微控制器通常有 50 到 110 条多字节多周期的指令。单宽字指令提高了软件编码的效率和减少了所需要的程序存储器单元,使系统具有最高处理效率和突出性能。另外,由于所用指令数较少和较简洁,编程任务和调试任务相对就比较容易,而且学习和实现都非常快。在相同情况下,PIC 微控制器所需要的编码比一般微控制器要少一半,其指令的高效率又可使编码开发时间节约 30%。

(1) 指令流水线结构可以在一个周期内同时完成一条指令的执行和下一条指令的取指。最大限度地提高了每一个内部时钟周期的效率。

(2) 高速的指令执行时间,在 20 MHz 时钟情况下达到 200 ns,在 25 MHz 时可快达 160 ns。在单周期内可以对 I/O 口的任一位直接进行位操作。

程序分支指令 CALL、GOTO 和在 PCL 上的操作需要两个周期的执行时间,在 20 MHz 的情况下为 400 ns。

下面是在 8 位低档微控制器范围用 PIC16C5X 与其他几种常用微控制器执行速度的比较表(见表 1.1-1)和比较直方图(见图 1.1-1)。

表 1.1-1 中的每一项有 2 个数据,上面的数据是执行例程代码所需要的时间,下面的数据是 PIC16C5X 与该种芯片执行代码所需时间的比值,即

$$\frac{\text{\#PIC16C5X 执行代码所需要的时间}}{\text{\#其他微控制器执行代码所需要的时间}}$$

表 1.1-1 几种常用微控制器执行速度的比较表

微控制器	BCD 码转换	循环控制	位测试转移	8 位同步发送	总相对性能
COP800	5 μ s	6 μ s	4 μ s	105 μ s	0.108
@ 20 MHz (NS 公司)	0.08	0.083 2	0.125 2	0.140 8	
ST62	45.5 μ s	9.75 μ s	8.125 μ s	390 μ s	0.045 5
@ 8 MHz (SGS-Thomson 公司)	0.008 8	0.061 5	0.073 8	0.032 9	
MC68HC05	10.05 μ s	2.86 μ s	2.38 μ s	126.7 μ s	0.136
@ 4.2 MHz (Motorola 公司)	0.038	0.174 8	0.21	0.116 8	
Z86CXX	2.33 μ s	1.835 μ s	2.835 μ s	68.67 μ s	0.212
@ 12 MHz (Zilog 公司)	0.172	0.272	0.176	0.224	
8048/49	5.45 μ s	2.73 μ s	6.82 μ s	124.1 μ s	0.112
@ 11 MHz (Intel 公司)	0.073 2	0.182 4	0.073 2	0.119 6	
PIC16C5X	0.4 μ s	0.6/0.4 μ s	0.6/0.4 μ s	14.8 μ s	1.00
@ 20 MHz (Microchip 公司)					

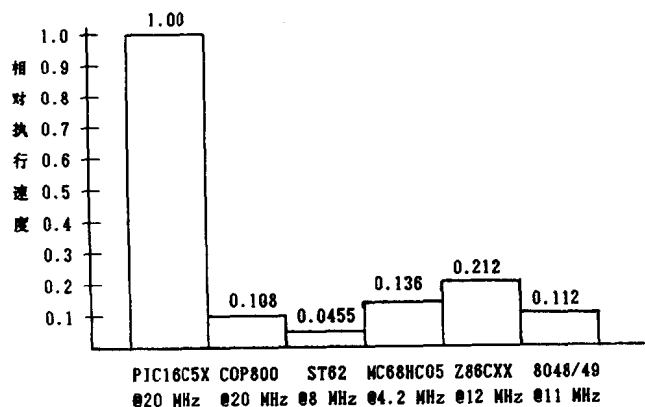


图 1.1-1 几种常用微控制器执行速度的比较图

(3) 由于采用宽字指令,在相同情况下,程序量大为减少,形成的代码是一般微控制器的一半。

以下是用低档 PIC 微控制器与其他几种常用微控制器代码效率的比较表(见表 1.1-2)和编码大小比较直方图(见图 1.1-2)。

表 1.1-2 中的每一项有 2 个数据,上面的数据是相应应用程序代码所需要的存储单元数目,下面的数据是该种芯片与 PIC16C5X 代码大小的比值,即

$$\frac{\text{其他微控制器所需要的程序存储单元}}{\text{PIC16C5X 所需要的程序存储单元}}$$

表 1.1-2 几种常用微控制器代码效率的比较表

微控制器	BCD 码转换	循环控制	位测试转移	8 位同步发送	10 ms 软件定时	总相对性能
COP800	4	2	2	16	8	
@ 20 MHz	2.00	1.00	1.00	1.46	1.00	1.29
(NS 公司)						
ST62	10	2	3	19	10	
@ 8 MHz	5.00	1.00	1.50	1.73	1.25	2.10
(SGS-Thomson 公司)						
MC68HC05	10	3	3	20	11	
@ 4.2 MHz	5.00	1.50	1.50	1.82	1.38	2.24
(Motorola 公司)						
Z86CXX	4	2	3	21	9	
@ 12 MHz	2.00	1.00	1.50	1.91	1.125	1.51
(Zilog 公司)						
8048/49	4	2	5	14	9	
@ 11 MHz	2.00	1.00	2.51	1.28	1.13	1.58
(Intel 公司)						
PIC16C5X	2	2	2	11	8	1.00
@ 20 MHz						
(Microchip 公司)						

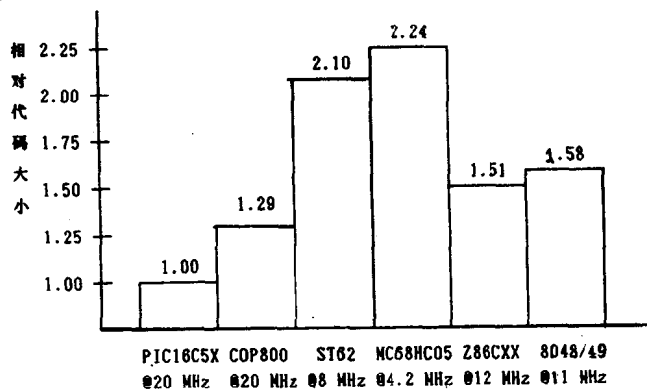


图 1.1-2 几种常用微控制器代码大小的比较图

以上的比较是采用了一些典型的应用编程实例,虽然不能覆盖所有的情况,但是能够说明 PIC 系列微控制器的相对优越性是十分明显的。

2. 哈佛(Harvard)双总线结构

其存储结构是基于哈佛双总线概念,数据和指令传输总线完全分开以避免出现典型的普通 CISC 设计中经常出现的处理瓶颈问题。

传统的冯·诺依曼结构的计算机是在同一个存储空间取指令和数据(即普林斯顿结构),两者不能同时进行,故限制了工作带宽。而在哈佛结构的计算机中,指令和数据空间是完全分开的,一个用于指令,另一个用于数据。由于可以对程序和数据同时进行访问,所以提高了数据吞吐率。正因为 PIC 系列微控制器中采用了哈佛双总线结构,所以与常见的微控制器不同的一点是:程序和数据总线可以采用不同的宽度。数据总线都是 8 位的,但低档、中档和高档系列的指令总线位数分别为 12、14 和 16 位。图 1.1-3 是表示两种不同结构的示意图。

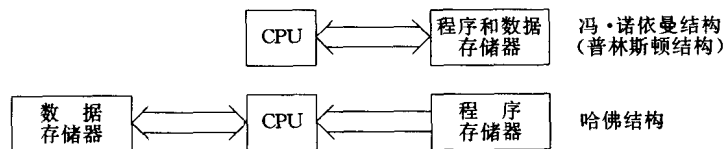


图 1.1-3 两种不同结构的示意图

3. 两级指令流水线结构

PIC 系列微控制器的取指和执行采用指令流水线结构(见图 1.1-4),当一条指令被执行时允许下一条指令同时被取出,使得在每个时钟周期可以获得最高效率。

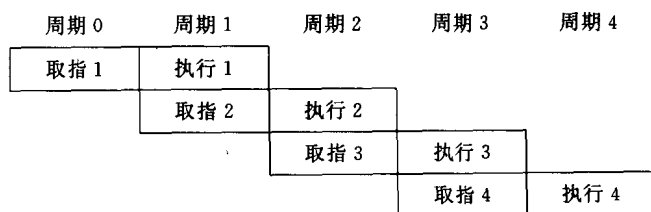


图 1.1-4 指令流水线结构示意图

在大多数微控制器中,取指和指令执行都是顺序进行的。而在指令流水线结构中,取指和执行在时间上是相互重叠的,所以才可能实现单周期指令。

只有涉及到改变程序计数器 PC(Program Counter)值的程序分支指令(例如 GOTO、CALL 或对 PC 写操作)等才需要两个周期。

4. 寄存器组

PIC 的结构特点还体现在寄存器组上(见图 1.1-5)。所有的寄存器,包括 I/O 口、定时器和程序计数器等都是采用 RAM 结构形式,而且都只需要一个周期就可以完成访问和操作。而大多数其他微控制器都需要两个或两个以上的周期才能改变寄存器的内容。

5. 一次性编程 OTP(One Time Program)技术

PIC16/17 系列微控制器的独特之处在于兼有 RISC 处理器的高性能和一次性编程技术的低价格优点。低价格 OTP 芯片在价格方面已经接近于掩模 ROM 芯片的价格,但是它具有

的适于小批量试制和生产的灵活性是掩模 ROM 所不具有的,所以它具有极强的市场竞争力。这种 OTP 芯片给用户带来的好处归纳起来有如下几点:① 快速进入市场;② 便于修改编码;③ 对最终用户可以提供最佳的解决方案;④ 减少生产厂家的剩余积压;⑤ 减少生产厂家的库存周转量;⑥ 减少可能需要处理的工作。

PIC 系列微控制器市场份额不断增高的一个因素就是其推出低价位的一次性编程芯片。在当前竞争激烈的电子产品市场,需要及时对市场需求作出响应,以适应小批量多品种的生产策略。采用过去掩模 ROM 芯片进入市场,虽然可以降低成本和提高可靠性,但是掩模需要大批量定制,周期长,更重要的是风险大。而采用一次性编程技术后,不但可以大大缩短产品上市周期,可以根据需要随时更改程序,对市场需求作出快速响应,还可以降低开发成本,减轻库存压力,避免批量定制带来的风险。其竞争力还表现在这种芯片的价格已经接近于掩模 ROM 芯片的水平,用这种芯片取代掩模 ROM,看起来价格略高于掩模 ROM,实际上由于大大减小了投资风险,提供了灵活性,所以最终可以节省大量的成本。

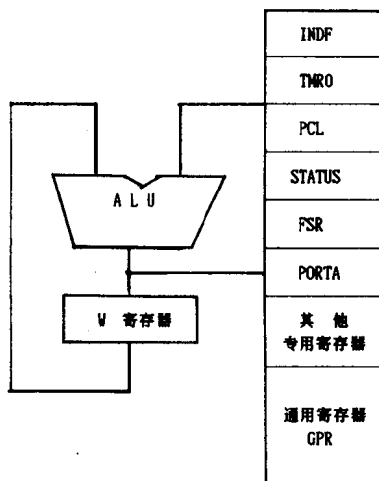


图 1.1-5 寄存器组示意图

Microchip 基于 EPROM 的 OTP 技术与过去可靠性很差的“熔丝式”一次性编程 PROM 技术完全不同,它实际上是用不带窗口的 EPROM 芯片实现的,与 EPROM 芯片的不同点仅在于封装不同。在出厂前,所有芯片都进行过测试(而过去的 PROM 是无法测试的),以保证可靠性。

在市场越来越具有竞争的情况下,迅速把产品推上市场对于厂商来说是至关重要的。产品的开发到上市整个过程要经过一系列的环节:开发、采购、生产、打市场和销售等。现场可编程 OTP 技术可以把所有产品生命周期中的环节集合在一起,大大提高效率。

在产品早期开发阶段,一个可编程微控制器允许用软件实现许多功能,在需要对系统进行修改时,用软件比用纯硬件电路实现要容易得多。

在制造阶段,要缩短产品生命周期曲线的关键主要是对库存量和制造周期时间的管理。把库存压到最小就可能不满足不断发展更新的要求。用传统的基于 ROM 的微控制器就限制了随着产品的升级或对特定顾客提出的用户半定制产品上市的速度。而用标准的基于 OTP 技术的 PIC16/17 系列微控制器就可以解决所有这些问题。通过在不同的几个系统中使用同一种芯片而使器件库存得到高效率的管理。由于购买同一种芯片的量加大,而可以使成本降低。根据用户要求定制产品的业务将会越来越多,利用 OTP 器件就可以相当方便地满足客户要求。

OTP 是微控制器领域中的“灵活制造技术”。随着市场的竞争越来越激烈,顾客指定产品的需求将在不断增长。具有快速改变响应的能力(例如可以快速地改变 LCD 显示的外观形式,或者增加某个特性等)就成了竞争的一个关键实力。在制造厂商层面上对 OTP 芯片进行编程可以很容易实现产品根据用户要求定制,以满足特定用户的需要。产品定制可以显著地延长整个产品的生命周期以提供更好的投资回报,并有助于减小竞争的威胁。

6. 独特的三层次系列多型号品种

PIC 系列微控制器三个层次的系列产品如表 1.1-3 所示。

表 1.1-3 PIC 系列微控制器三个层次的系列产品

系 列	主 要 特 性	系 列	工 艺 及 特 点	型 号
高 级	PIC17CXX 8 位微控制器	PIC17C4X	OTP/EPROM	PIC17C42 PIC17C43 PIC17C44
		PIC17C4XA	OTP/EPROM	PIC17C42A
		PIC17CR4X	ROM(掩模)	PIC17CR42 PIC17CR43
中 级	PIC16C6X PIC16C6XA PIC16CR6X PIC16C62X PIC167X PIC16C8X PIC16C9XX PIC14000 8 位微控制器	PIC16C6X	OTP/EPROM	PIC16C61 PIC16C62 PIC16C63 PIC16C64 PIC16C65
		PIC16C6XA	OTP/EPROM (加强型)	PIC16C62A PIC16C64A PIC16C65A
		PIC16CR6X	ROM(掩模)	PIC16CR62 PIC16CR64
		PIC16C62X	OTP/EPROM 含比较器	PIC16C620 PIC16C621 PIC16C622
		PIC16C7X	OTP/EPROM 含 8 位 A/D	PIC16C70 PIC16C71 PIC16C72 PIC16C73 PIC16C74
		PIC16C8X	E ² PROM 程序存储器和 数据存储器	PIC16C83 PIC16C84
		PIC16F8X	Flash 程序存储器	PIC16F83 PIC16F84
		PIC16CR8X	ROM(掩模) 含 E ² PROM 数据存储器	PIC16CR83 PIC16CR84
		PIC16C9XX	OTP/EPROM 含 LCD 驱动	PIC16C923 PIC16C924
		PIC14000	OTP/EPROM 含 A/D, D/A 和温度传感器	PIC14000

表 1.1-3(续)

系 列	主 要 特 性	系 列	工 艺 及 特 点	型 号
基 础 级	PIC16C5X PIC12C5XX 8 位微控制器	PIC16C5X	OTP/EPROM	PIC16C52 PIC16C54 PIC16C55 PIC16C56 PIC16C57 PIC16C58
		PIC16CR5X	ROM(掩模)	PIC16CR54 PIC16CR57 PIC16CR58
		PIC12C5XX	OTP/EPROM 8 脚封装	PIC12C508 PIC12C509

(1) 基础级微控制器 PIC16C5X/12C5XX

PIC16C5X/12C5XX 是一种低价格、高速、低功耗全静态 CMOS、有极高性价比的 8 位系列微控制器,适用于各种把低成本作为主要指标的嵌入式控制应用。例如其中 PIC12C5XXX 系列是世界上第一种 8 引脚小体积、低价格微控制器,其 OTP 芯片的价格仅 7.98 元/片,这样可以消除很多以前由于价格和体积因素不能使用微控制器应用的障碍。

(2) 中档性能微控制器系列 PIC16CXX

PIC16CXX 是三个层次系列中品种最丰富的系列。它在 PIC16C5X 的基础上进行了很多改进,并保持了很高的兼容性。从 18 引脚到 68 引脚各种形式的封装,PIC16CXX 可应用于各种高、中、低档电子产品的设计。它的特点是在保持低价格的前提下具有很高的性能,扩展了存储器容量和 I/O 口,增强了中断处理功能,还增加了精密的外围接口功能,例如集成了 A/D 转换器、精密模拟电压比较器和通信部件。为了适应各种不同的需要,有些型号的芯片还集成了捕捉输入功能、脉宽调制(PWM——Pulse Width Modulation)输出部件、I²C 和 SPI 接口、通用异步接收发送器(UART——Universal Asynchronous Receiver Transmitter)串行通信接口和 LCD 驱动模块等,使之成为业界耀眼的机种,已被广泛应用在各种电子产品中,表现极佳。

(3) 高性能微控制器系列 PIC17CXX

PIC17CXX 是目前世界上运行速度最快的一种 8 位微控制器。它可在一个指令周期内(最短 160 ns)完成 8 位 X 8 位二进制乘法运算,可以在一些需要高速数字运算的应用场合中取代 DSP(数字信号处理)芯片。PIC17CXX 片内集成了功能丰富而强大的外围部件,其 I/O 控制功能可以满足大多数实时嵌入式控制的应用,并可以外接扩展 EPROM 和 RAM 芯片,使它成为目前 8 位微控制器中性能最高的机种之一,被广泛应用于各种高、中档电子设备中。

该系列微控制器还具有非常优秀的外围接口特性,如多种复位方式、多种中断功能、具有低功耗休眠方式、可以掉电复位锁定等等。在 PIC 微控制器的内部还集成有上电复位电路(POR)、监视定时器 WDT 电路、I/O 口弱上拉等,可以大大减少外围器件,节省用户系统的空间和成本。

该系列微控制器的功耗是目前世界上微控制器中最低的一种,而驱动能力又大大强于其他的微控制器。另外它还有极强的数据保护加密功能,可最大限度地保护用户的程序版权。

该系列微控制器所有型号都有商业级(0℃~+70℃)、工业级(-40℃~+85℃)和汽